

PORTO DE RECREIO DE VILA NOVA DE GAIA (DOURO MARINA) – SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS UTILIZADAS NAS OBRAS HIDRÁULICAS

Lucília Luís, *Coordenadora de Projecto na Consulmar* (lucilia.luis@consulmar.pt)

Manuel Cunha, *Director Geral da Unidade de Negócios Marinas no Grupo M. Couto Alves* (manuel.cunha@mca-grupo.com)

Ricardo Barbosa, *Director de Obra na M. Couto Alves* (ricardo.barbosa@mca-grupo.com)

RESUMO

A presente comunicação focaliza-se nas soluções e processos construtivos adoptados na execução das obras hidráulicas da Empreitada de Construção do Porto de Recreio de Vila Nova de Gaia.

A empreitada global contempla, para além da infra-estrutura náutica com capacidade para trezentos postos de amarração, a construção de espaços edificados de apoio às actividades do empreendimento. Este denominar-se-á por Douro Marina e permitirá dotar o Rio Douro e toda a região norte de Portugal de uma oferta de qualidade superior ao nível da náutica de recreio.

Tratando-se de uma iniciativa privada do Grupo M. Couto Alves, a quem caberá a exploração da marina durante os próximos trinta anos, interessa realçar a atenção depositada na definição das diferentes soluções construtivas, em consonância com a racionalização dos custos de construção e de manutenção e da qualidade de execução. Destas destacam-se as soluções variantes projectadas para o quebra-mar, com adopção de uma barreira flutuante, e para o cais vertical, através de fundação em estacas de betão secantes.

Atendendo à dimensão e características do projecto importa também evidenciar alguns dos condicionamentos que afectaram a execução das obras hidráulicas, principalmente os de cariz ambiental e técnico. O primeiro materializou-se no condicionamento temporal das operações de dragagem e na execução de diversas campanhas de caracterização de descritores ambientais, enquanto que o segundo se traduziu na compatibilização com a envolvente já construída na margem ribeirinha e na fraca qualidade dos solos na zona do terrapleno para estacionamento de embarcações a seco, que funciona também como cais vertical de acostagem.

1. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA EMPREITADA

A Empreitada de Construção do Porto de Recreio de Vila Nova de Gaia resulta de um concurso público de concepção, construção e exploração promovido pela Sociedade GaiaPolis, no âmbito dos projectos de desenvolvimento e requalificação da frente ribeirinha das freguesias da Afurada e do Canidelo, em Vila Nova de Gaia, na margem esquerda do rio Douro.

Com a extinção da GaiaPolis, a autoridade pública responsável pelo empreendimento passou a ser a Administração dos Portos do Douro e Leixões, S.A. (APDL), que assumirá assim o papel de entidade Concedente durante os próximos trinta anos.

O empreendimento possui uma área de implantação de cerca de 6,5ha, correspondendo 5ha a área molhada e os restantes a ocupação terrestre, e tem capacidade para trezentos postos de amarração.

Correspondendo a um investimento total superior a 8 milhões de euros e com prazo de obra de um ano, a marina terá uma forte ligação à marca Douro, pretendendo ser reconhecida como a porta de entrada, por via fluvial, das cidades do Porto e de Gaia, bem como de toda a região do Douro.



Figuras 1 e 2 – Plantas de localização da empreitada

Esta nova infra-estrutura é genericamente constituída por uma bacia de estacionamento de embarcações de recreio, protegida a poente por um esporão de enrocamento e a norte por um quebra-mar flutuante, conforme evidencia a figura seguinte.

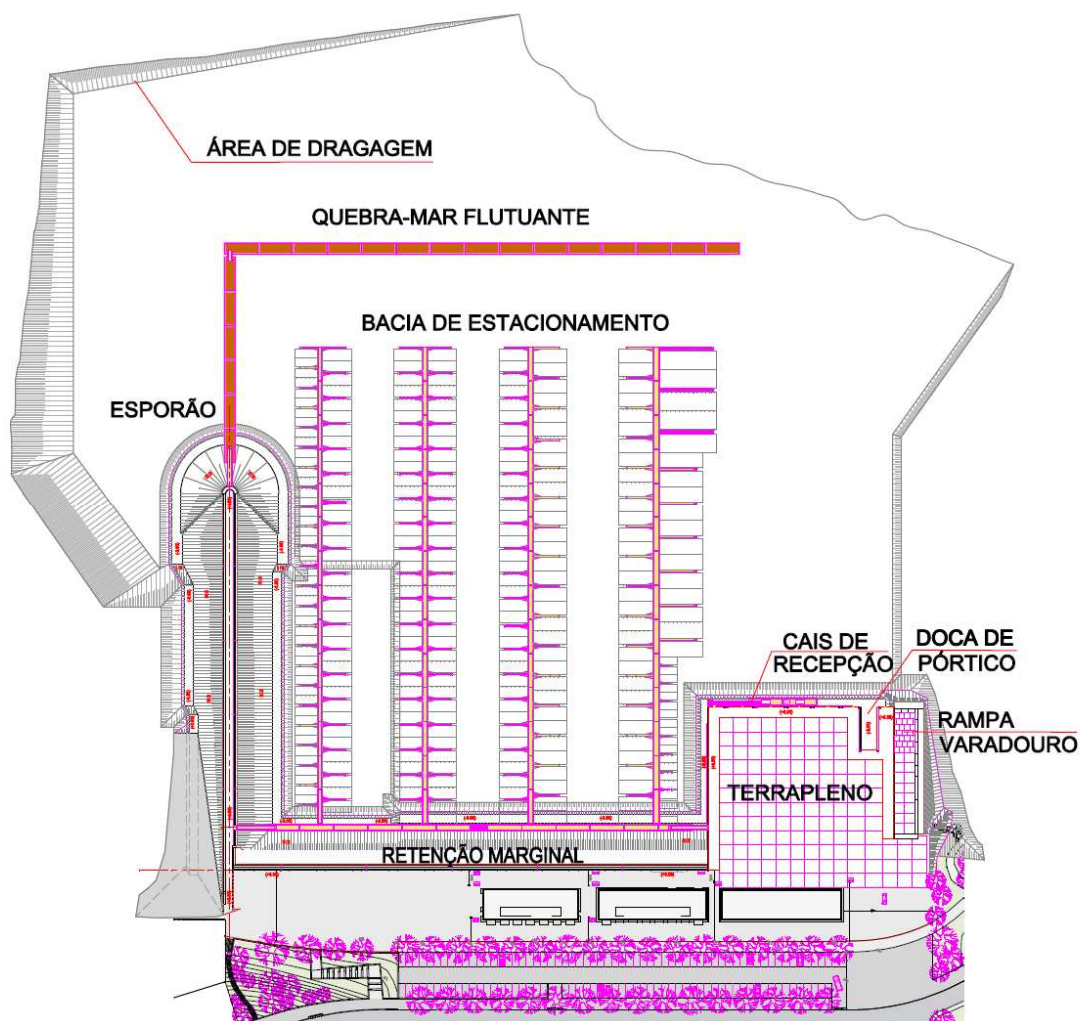


Figura 3 – Planta geral do empreendimento

A empreitada pode, para simplificar a sua explanação posterior, ser dividida em oito componentes principais, que de seguida se descrevem resumidamente:

- **Esporão** – com cerca de 150m de comprimento, que baliza a intervenção a jusante/poente;
- **Retenção Marginal** – com cerca de 170m de comprimento, que possibilitará o avanço e reperfilamento da margem existente;
- **Aterro no Tardoz da Retenção Marginal** – permitirá a construção, numa fase posterior, das áreas de circulação e de três edifícios destinados ao apoio às actividades da marina;
- **Dragagem** – à cota -3m (ZHC), com deposição de dragados para robustecimento do Cabedelo e aproveitamento parcial nos aterros hidráulicos da obra;
- **Bacia de Estacionamento** – constituída por quatro passadiços flutuantes principais, cada um deles servido por ponte de acesso própria, e respectivos *fingers*, que permitirão amarrar 300 embarcações dos 6 aos 20m;
- **Quebra-mar Flutuante** – baliza a obra a norte e parcialmente a poente, protegendo-a da agitação localmente gerada pelo vento e pelos movimentos de embarcações no canal navegável do Rio Douro;
- **Terraplano / Cais Vertical** – com cerca de 3600m², e a dotar com cais de recepção e abastecimento, grua de alagem e *travel-lift*, para permitir o estacionamento de embarcações a seco;
- **Rampa de Varadouro** – para actividades relacionadas com a Vela e limitando a intervenção a nascente, com 16% de inclinação e fundada à cota -1,5m (ZHC).

2. CONDICIONAMENTOS DAS OBRAS HIDRÁULICAS

2.1 Ambientais

O empreendimento foi alvo de Estudo de Impacte Ambiental, sendo impostas na Declaração de Impacte Ambiental (DIA) e Relatório de Conformidade Ambiental (RECAPE) um conjunto de medidas a observar e parâmetros a respeitar, com influência na fase de construção. Destes destacavam-se, fundamentalmente, os condicionamentos na forma e prazo de execução das dragagens e na necessidade de realizar campanhas de monitorização de descritores ambientais.

Para respeitar o período de migração das espécies anádromas e catádromas, bem como o pico da época balnear, a execução de dragagens ficou condicionada aos meses de Abril, Maio, Junho e Setembro, resultando num constrangimento importante ao nível do planeamento da empreitada.

O destino a dar aos dragados dependia de uma campanha de análise físico-química de sedimentos a levar a cabo antes do início da dragagem, que revelou tratarem-se de sedimentos de classe 1, susceptíveis de aplicação no robustecimento do Cabedelo de Vila Nova de Gaia pelo lado exterior.

De forma a controlar os impactes sobre a comunidade local e a fauna e flora existentes a DIA obrigou à realização de campanhas regulares de monitorização da qualidade da água (na zona dos trabalhos, no rio e no vazadouro de dragados), do ambiente sonoro, da qualidade do ar e ainda do património histórico-cultural, com particular incidência na prospecção prévia e no acompanhamento arqueológico durante a execução de dragagens.

De forma a demonstrar o adequado cumprimento dos condicionalismos impostos na DIA, procedeu-se à sistematização por parte da entidade executante, em relatório mensal de obra enviado à APDL e à CCDR-N, de todos os trabalhos efectuados e sua influência ao nível dos descritores ambientais a analisar, com indicação das medidas mitigadoras adoptadas para minimização de impactes.

2.2 Orçamentais

Atento o facto da proposta vencedora do concurso lançado pela GaiaPolis datar de 2006 e da actividade de construção ter sido iniciada em 2010, uma vez decorrido o período de apreciação e licenciamento ambiental, depreende-se que um dos principais condicionamentos orçamentais ao nível da execução da empreitada reside na obrigatoriedade de incorporar na íntegra a subida de preços nos quatro anos que mediaram até ao arranque concreto da obra, por via da inexistência de direito a revisão de preços que a compensasse.

Por outro lado, dado tratar-se de um concurso de concepção/construção, à data provavelmente associado a algumas limitações de prazos e custos para a elaboração do projecto, a análise do projecto revelou a existência de algumas lacunas do mesmo, nomeadamente ao nível das infra-estruturas enterradas e do plano de pavimentos, que a actual Concessionária colmatou.

Da análise do projecto inicial constatou-se ainda que o projecto de arquitectura dos edifícios de apoio à marina tinha de ser melhorada e adaptada à realidade nacional, de forma a maximizar o êxito da sua exploração comercial, na medida em que estes corpos haviam sido encarados como meros “apêndices” do espelho de água. Embora estas alterações não tenham condicionado de forma directa as obras hidráulicas, requerendo apenas ajustes de cotas e no traçado das redes, obrigaram a Concessionária à reformulação deste projecto, impedindo a sua execução em simultâneo com as obras hidráulicas.

Por último, destaca-se a profunda crise económica nacional, que implicou cuidados especiais ao nível de garantias financeiras para a contratualização de alguns fornecimentos e subcontratação de trabalhos da empreitada, obrigando também a um esforço adicional na pesquisa das soluções construtivas mais económicas e na permanente racionalização de custos.

2.3 Técnicos

Decorrente do atraso de quatro anos no início da empreitada, verificou-se a necessidade de compatibilizar as estruturas previstas na mesma com as já existentes, construídas no âmbito do programa Polis, nomeadamente as cotas do parque de estacionamento a sul e ciclovias (a poente e a sul) adjacentes à intervenção.

Para além dos pavimentos, houve que identificar as infra-estruturas enterradas existentes e harmonizá-las com as redes previstas para o empreendimento, obrigando a alterações no projecto de drenagem pluvial e à remoção de um emissário de descarga de emergência de águas residuais, tutelado pela empresa Águas de Gaia, cujo traçado conflituava com a execução das dragagens e do terrapleno.

Na definição de novas cotas e pendentes dos pavimentos das áreas localizadas no tardoz da retenção marginal a Concessionária consubstanciou a sua opção em duas vertentes: uma análise de risco de evacuação de pessoas e embarcações em caso de cheia e uma compatibilização de cotas com as estruturas pré-existentes.

Para a primeira debruçou-se sobre os estudos hidráulicos que determinam as cotas de cheia, em função dos diferentes períodos de retorno e no pressuposto de operacionalidade das estruturas construídas no âmbito da obra dos Molhes do Douro, verificou os registos históricos de cheias no Centro de Controlo de Cheias do Douro e contactou Protecção Civil, no sentido de definir os mecanismos de evacuação de pessoas e embarcações do empreendimento em caso de cheia excepcional. Para a segunda, confrontou os levantamentos topográficos do pré-existente com os requisitos do projecto de arquitectura.

Outro dos condicionamentos técnicos do projecto prendeu-se com a definição da posição definitiva do equipamento flutuante da bacia de estacionamento, na medida em que a Concessionária manifestou a pretensão de preparar a marina para um reajustamento futuro da tipologia dos lugares, prevendo a evolução do *mix* de procura potencial para embarcações de maior comprimento.

Neste contexto, procurou-se dispor os quatro passadiços principais da marina de forma a assegurar que a largura dos corredores de acesso permita, no futuro, aumentar para o

comprimento imediatamente superior uma das faixas de estacionamento servidas por esse corredor, tendo-se considerado como razoável face às características de abrigo do local, um factor multiplicador de 1,5 entre o comprimento da embarcação e a largura do corredor.

Refira-se assim, a título de exemplo, que um dos corredores que actualmente serve uma faixa de estacionamento para embarcações até 8m e outra para embarcações até 10m, poderá passar a servir duas faixas de estacionamento para embarcações até 10m, na medida o afastamento entre os dois passadiços principais implicados foi dimensionado para 35m (10m+1,5x10m+10m).

Aquele que se revelou o maior condicionamento técnico na preparação da empreitada residiu na solução de fundação a adoptar no terrapleno, na medida em que a informação geotécnica existente indicava fracas características geotécnicas, com presença de lodos moles a profundidades elevadas, atingindo-se nalguns locais o *bedrock* a cotas próximas da -15m (ZHC).

A solução de projecto consistia na execução de um melhoramento de solos com recurso a colunas de brita, seguida de dragagem à cota -5,00m (ZHC, Zero Hidrográfico da Cantareira) que permitissem a posterior colocação de blocos, aduelas e prisma de alívio em TOT que integravam a estrutura do cais.

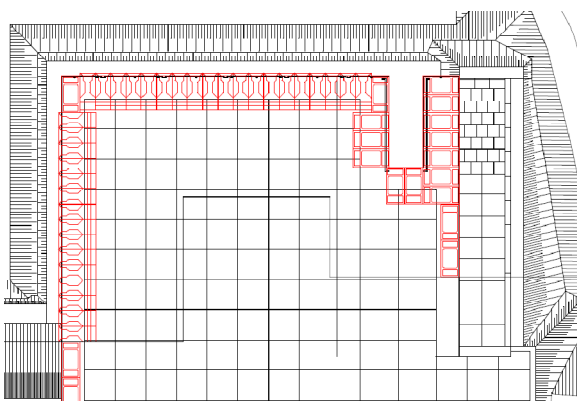


Figura 4 – Planta do cais (blocos a vermelho)

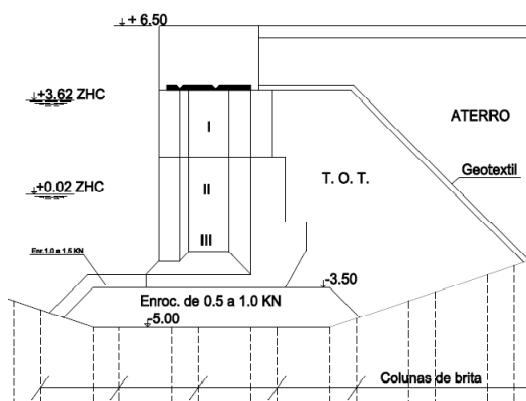


Figura 5 – Corte do cais

Para além de custos muito avultados, associados ao melhoramento de solos e à pré-fabricação e transporte de blocos muito pesados, esta solução conduziria a prazos de execução dilatados e a recorrer a meios de elevação diversos e de porte significativo.

Uma análise incidindo sobre os aspectos económicos e ambientais permitiu também concluir que a solução em apreço obrigaria ainda a dragar uma elevada quantidade de materiais não reaproveitáveis (areias lodosas) e aproveitaria quantidades muito reduzidas de areia provenientes da dragagem da bacia de estacionamento.

Este conjunto de desvantagens motivou o estudo de uma solução estrutural variante para a execução do cais, conforme se descreve no ponto seguinte.

3. ALTERAÇÕES DE PROJECTO CONDUCENTES À SUA OPTIMIZAÇÃO

Na linha do exposto no ponto 2, os condicionamentos da empreitada tiveram de ser integralmente incorporados na sua preparação e execução, obrigando a um especial esforço de optimização e melhoria do projecto inicial, já de sim bastante estudado, tendo em vista a economia de custos de construção e exploração, com manutenção ou melhoria da qualidade de construção, bem como a eficácia da futura operacionalidade da marina.

3.1 Terrapleno com Cais Vertical

Para complementar a informação geotécnica realizou-se no início da empreitada uma nova campanha de prospecção, com realização de ensaios CPTU, que permitiu caracterizar melhor os terrenos interessados, mas não conseguiu atingir as cotas do *bedrock*.

Numa primeira abordagem estudou-se a viabilidade técnico-económica da execução do perímetro do cais através de uma cortina de estacas-prancha ancorada, mas a cotação em alta do aço nos mercados internacionais e o risco geotécnico associado à impossibilidade de garantir as necessárias fichas de encastramento no terreno levou ao seu abandono. Isto porque, sendo a cota de coroamento do cais +5,90m (ZHC) e a cota de dragagem a -3m (ZHC), o comprimento em consola das estacas era significativo, atingindo mais de 8m.

Num momento posterior analisou-se a possibilidade do recurso a uma cortina de estacas secantes de betão armado, executadas a seco com recurso a um aterro arenoso, tendo a mesma evoluído para a solução de execução adoptada. O novo projecto assentou na execução de uma cortina frontal de estacas de betão, ligada através de vigas de betão armado a estacas intermédias pontuais, posicionadas a 5,60m do eixo da cortina frontal, e a um muro de betão em forma de L, recuado e assente num prisma de fundação em enrocamento.

A frente acostável, ou muro-cais, com dois alinhamentos perpendiculares constituindo duas frentes de acostagem, apresenta cerca de 100m de comprimento, distribuídos por 65m e 35m pelos alinhamentos norte e poente, respectivamente.

A norte materializa-se a Doca de Pórtico com 5,20m de largura e 15,40m de comprimento, e o lado Nascente confinará com a Rampa de Varadouro. Do lado poente o muro-cais confinará com a Retenção Marginal.

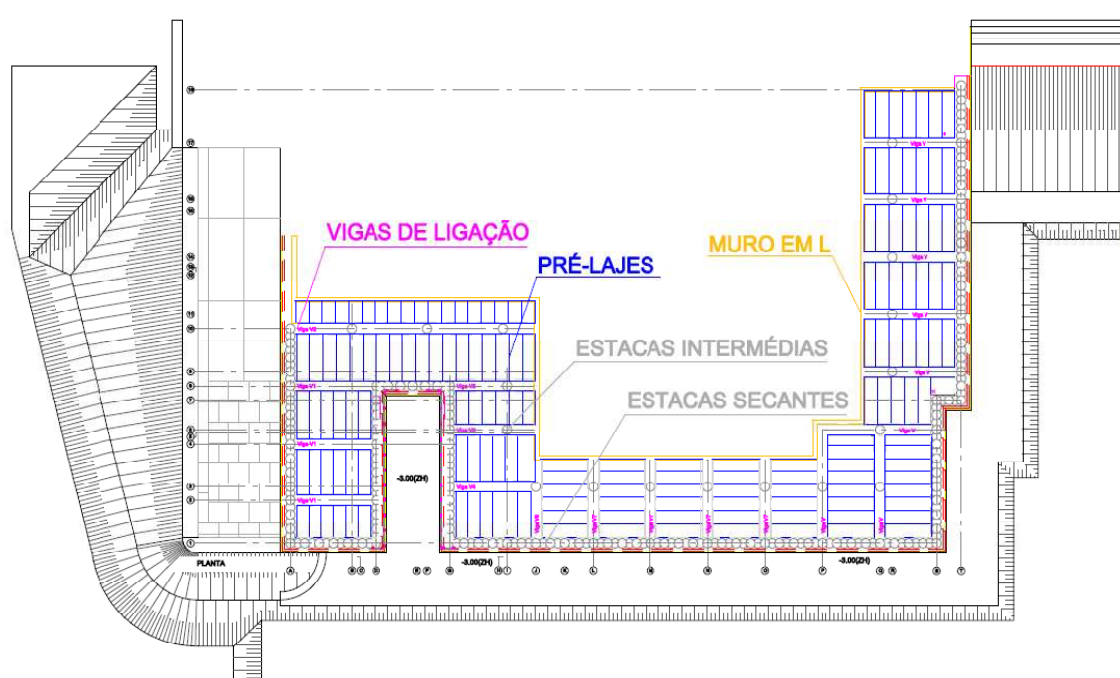


Figura 6 – Planta do cais fundado em estacas de betão

As estacas principais (ou armadas) distanciam-se 1,40m ao eixo e a distância, igualmente ao eixo, entre estacas principais e secundárias (ou não armadas) é de 0,70m. Ambas as estacas apresentam 0,90m de diâmetro. As estacas principais atingem o substrato rochoso (maciço com um grau de fracturação inferior a F3 e mediamente alterado, W3) e penetram neste, no mínimo, 0,50m.

De forma a reduzir os impulsos sobre a cortina de estacas no seu tardoz o projecto contemplou a escavação do aterro a partir da cota -0,80m (ZHC), com inclinação de talude de 5H/1V, e a

posterior protecção com enrocamento da gama 10 a 20 kN, sobre filtro constituído por brita assente em tela geotêxtil e sobre um prisma de TOT.

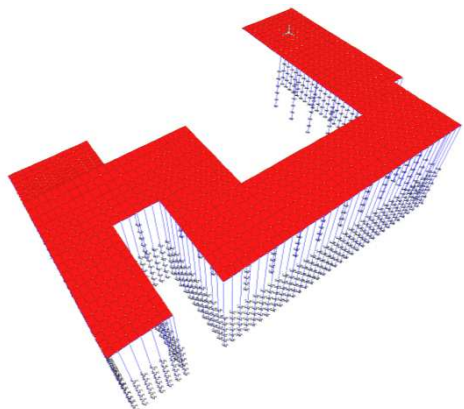


Figura 7 – Modelo estrutural do cais

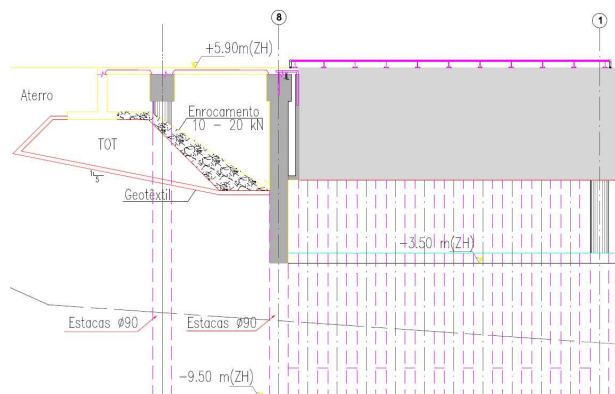


Figura 8 – Corte do cais fundado em estacas

Para o pavimento do muro-cais o projecto preconizou uma laje em betão armado com 0,30m de espessura betonada em duas fases, com recurso a lajes pré-fabricadas com 0,20m de altura e camada de solidarização com 0,10m de espessura.

O apoio da laje no seu limite exterior do lado do rio, materializa-se na viga de coroamento de solidarização das estacas moldadas e, no seu limite interior do lado do aterro, num muro de contenção em betão armado fundado à cota +3,40m (ZHC) sobre o prisma de fundação em enrocamento, assente sobre a escavação atrás referida. Uma malha de vigas, ligando os limites da plataforma solidarizando estacas intermédias suplementares idênticas às anteriores, completam o sistema estrutural de apoio da laje de pavimento.

Devido ao processo construtivo, com moldagem de estacas no aterro, considerou-se que a face do muro-cais virada ao plano de água iria apresentar-se irregular e sem um paramento vertical desempenado. Para corrigir estas irregularidades o projecto contemplou a fixação, pelo exterior, de painéis pré-fabricados com 5,40m de altura, ficando a sua face inferior à cota +0,50m (ZHC), para criar uma frente acostável alinhada.

Em jeito de resumo, refira-se que a solução permitiu eliminar as desvantagens da solução anterior, caracterizando-se face a esta por:

- Economia de custos de construção – associada em grande medida à eliminação da necessidade de melhoramento de solos;
- Compressão dos prazos de execução – por redução do volume de construção e definição de apenas duas frentes de trabalho sequenciais (a de geotecnia, com a afectação de dois bate-estacas, e a de betão armado), não implicando o aprovisionamento de materiais que carecessem de encomenda prévia (ex. perfilados e tirantes metálicos implicados numa solução em estaca-prancha);
- Minimização dos impactes ambientais – por redução do volume de dragados a transportar para vazadouro marítimo;
- Manutenção da garantia de estabilidade estrutural e inexistência de assentamentos – as estacas principais são fundadas no *bedrock* e todo o cais se encontra fechado no seu perímetro, evitando a fuga dos aterros de tardoz.

3.2 Quebra-mar Flutuante

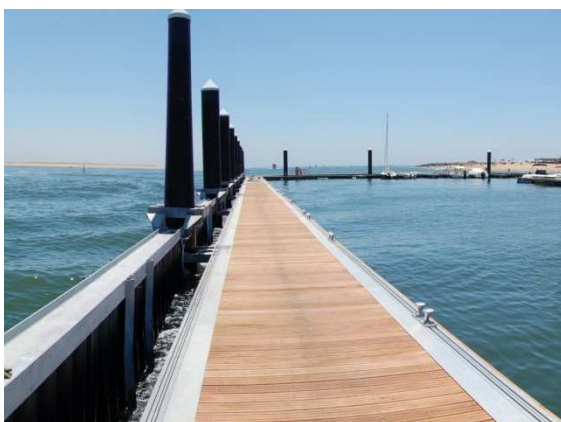
Para além das alterações na implantação dos passadiços principais anteriormente descritas destaca-se, ao nível do equipamento flutuante, a substituição da solução inicial de projecto, assente na instalação de um quebra-mar tradicional de betão, por uma outra, de cariz inovador.

O quebra-mar projectado apresenta-se disposto em forma de L, possui um comprimento total de 252m e encontra-se ligado a terra através de uma ponte de acesso fixada ao bloco de coroamento da cabeça do esporão.

A nova solução resultou de um projecto de investigação desenvolvido na Universidad de Cantabria, devidamente testado em modelos à escala reduzida, sendo constituída por uma barreira vertical flutuante, para atenuação da agitação incidente, suportada em estacas metálicas. A estas estacas de guiamento é também fixado um passadiço flutuante, que permite a acostagem pelo interior.

Este tipo de quebra-mar foi já aplicado pela empresa AISTER com êxito em duas marinas em Espanha, na Galiza e em Huelva.

A barreira vertical é constituída por diversos módulos, que possuem quatro semi-anéis de guiamento em estacas, e que trabalham em conjunto, funcionando como uma barreira de elevada inércia, praticamente rígida face à ondulação incidente. Cada um destes módulos é composto por uma estrutura metálica rectangular constituída por perfis IPE, em cujas almas são colocados tubos de polietileno, afastados entre si, que asseguram a flutuação.



Fotografia 1 – Instalação similar em Huelva

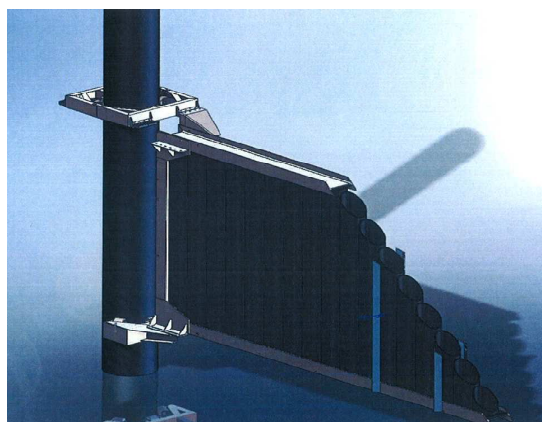


Figura 9 – Barreira em simulação 3D

O afastamento entre estacas, e conseqüentemente o comprimento da estrutura metálica dos módulos da barreira depende dos esforços de dimensionamento a que a mesma deverá resistir. A altura da barreira depende também dos calados e flutuação pretendidos, enquanto que o afastamento entre os tubos de polietileno está dependente da porosidade requerida.

Em termos de atenuação da agitação incidente a solução preconizada para Gaia prevê uma atenuação média de cálculo similar à proporcionada pela solução convencional.

A fixação desta barreira é assegurada por estacas metálicas, afastadas entre eixos de 13,3m, que guiam módulos com 12m de comprimento.

Como principais vantagens da adopção deste sistema é possível identificar as que de seguida se enunciam:

- Redução dos custos de manutenção – a inexistência de poitas e correntes/cabos implica menor desgaste e necessidade de substituição de componentes;
- Durabilidade – sendo a acostagem apenas permitida pelo interior, num pontão convencional, o risco de danificação da estrutura de atenuação por embate de embarcações é mais reduzido face à solução tradicional;
- Eficácia – garantia de manutenção das exigências de atenuação da agitação incidente;
- Rigidez – por se tratar de uma estrutura guiada em estacas os deslocamentos entre módulos são praticamente inexistentes e o desgaste daí decorrente é reduzido;
- Versatilidade de utilização – é possível instalar *fingers* no passadiço de acostagem;
- Menor ocupação em planta;
- Uniformidade visual com os passadiços principais.

3.3 Blocos de coroamento do Esporão e da Retenção Marginal

O projecto inicial da empreitada previa que o bloco de coroamento do esporão fosse constituído por três peças em betão simples e que o da retenção apresentasse uma geometria com degraus, conforme evidenciam as figuras seguintes.

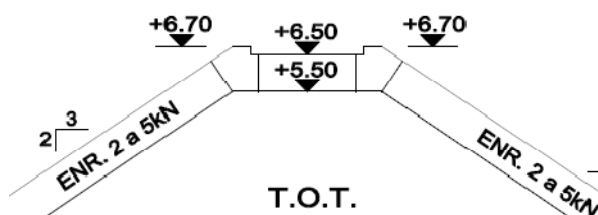


Figura 10 – Bloco de coroamento do esporão

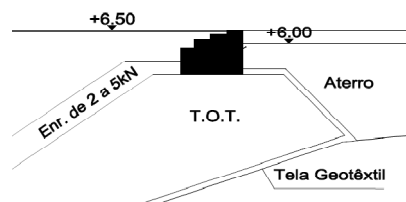


Figura 11 – Bloco da retenção

A alteração de projecto de arquitectura no esporão passou pela execução de uma única forma geométrica que, simplificando a execução, contemplasse pendentes para escoamento superficial das águas da chuva, tendo-se introduzido também no bloco de coroamento negativos e caixas de visita para permitir a passagem de tubagens e cablagens de abastecimento de água e energia ao quebra-mar flutuante. Na retenção marginal eliminaram-se os degraus e reduziu-se a dimensão do bloco de coroamento.

Em ambos os blocos de coroamento previu-se a execução de um entalhe na sua base que permita a posterior instalação de dispositivos de iluminação do tipo led (a cor azul nas figuras). Estes blocos foram idealizados de forma a permitir que as pessoas se sentem no limite do bloco, pousando os pés na banquetta superior do talude.

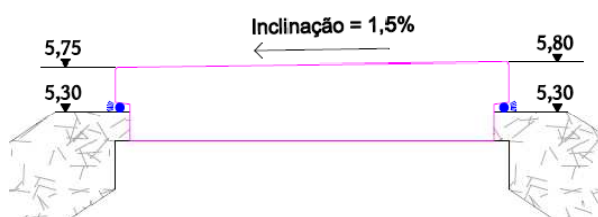


Figura 12 – Reformulação do bloco do esporão

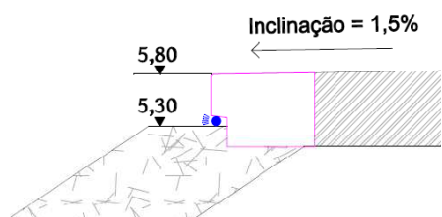


Figura 13 – Novo bloco da retenção

4. EXECUÇÃO DA EMPREITADA

Depois dos trabalhos de montagem de estaleiro, numa área que de apresentava pouco arranjada, e de realização de ensaios CPTU na zona do cais, arrancaram os trabalhos da empreitada mais significativos, que doravante se descrevem por componente da empreitada a que respeitam.



Fotografia 2 – Antes da intervenção



Fotografia 3 – Campanha geotécnica (CPTU)

Ao nível das tarefas preparatórias da empreitada destacou-se o esforço na pesquisa de pedreiras que tivessem capacidade de produção para fornecer as frentes de enrocamento, em função da cadência prevista no plano de trabalhos, tendo a escolha recaído sobre uma pedreira que dista cerca de 5 Km da obra. Na fase final da aplicação das camadas de revestimento dos taludes foi necessário recorrer a outra pedreira, localizada em Penafiel, que permitiu suprir a insuficiência de blocos facejados de maiores dimensões.

Nesta fase realizou-se ainda uma recolha de sedimentos em profundidade, em dez estações de amostragem, cuja análise físico-química, segundo a Portaria n.º 1450/2007, revelou tratar-se de material de Classe 1 – Material Dragado Limpo, podendo “*ser depositado no meio aquático ou repostos em locais sujeitos a erosão ou utilizado para alimentação de praias sem normas restritivas*”.



Fotografia 4 – Extração e carga na pedreira



Fotografia 5 – Recolha de sedimentos

4.1 Esporão

Uma vez criados os acessos ao arranque do esporão iniciaram-se os trabalhos de escavação da sua fundação, aos quais se seguia a deposição de TOT para enchimento do núcleo, por basculamento directo de camiões.



Fotografia 6 – Escavação e descarga de TOT



Fotografia 7 – Dragagem e enrocamentos

A escavação foi, numa primeira fase, executada com recurso a escavadoras hidráulicas de rotação total, tendo-se depois utilizado para a dragagem uma escavadora de lança comprida e uma grua de rastros posicionadas numa plataforma flutuante.

Pelo facto dos condicionamentos ambientais impedirem o transporte dos produtos de escavação para vazadouro houve que depositá-los, provisória e repetidamente, ao longo das zonas laterais do esporão, o que se revelou bastante ingrato, na medida em que a corrente voltava a empurrar os materiais para o local de onde foram originalmente removidos (a

diferença de cotas da fundação, -4m, e do terreno natural, +1m, chegava a atingir 5m na zona da cabeça do esporão).

A colocação do TOT no núcleo foi também efectuada por pá carregadora, recorrendo-se a *stock* provisório em obra, visto que a largura do seu coroamento (5m) não permitia, a partir do momento em que a escavadora iniciou a execução das camadas de revestimento, a passagem de dois equipamentos em simultâneo.



Fotografia 8 – Descarga com pá e revestimento



Fotografia 9 – Cabeça do esporão

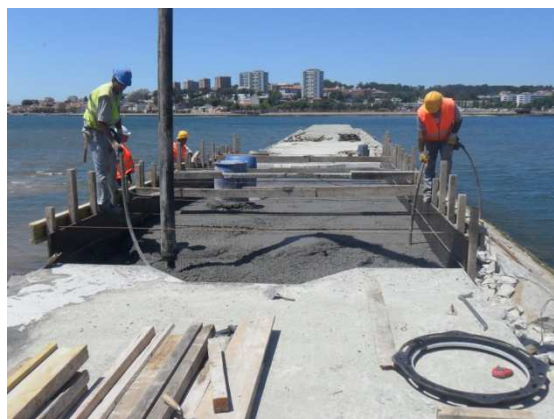
Para a execução das camadas de revestimento recorreu-se a escavadoras, havendo o especial cuidado de recorrer a manobreadores experimentados no tipo de colocação arrumada, de forma a serem cumpridas as cêrceas metálicas e de madeira que iam sendo posicionadas na estrutura.

O tipo de colocação arrumada que as fotografias ilustram foi uma opção da Concessionária, por motivos que se prendem com considerações de ordem estética e de inexistência de agitação significativa, dado que a obra se localiza numa zona abrigada do rio.

No bloco de coroamento o betão foi aplicado com recurso a bombagem, para minimizar o tempo de execução, betonando-se repetidamente dois módulos por dia, num dia os ímpares e no outro os pares.



Fotografia 10 – Bombagem de betão



Fotografia 11 – Aplicação de betão

O bloco de coroamento é composto por 14 módulos em betão simples, com cerca de 10m cada e de 30 em 30m foram deixadas juntas de dilatação, preenchidas com esferovite. Foram colocados negativos em PVC corrugado e tri-tubo para posterior passagem de tubos de abastecimento de água e cablagens eléctricas, visitáveis em caixas de inspecção afastadas entre si de 50m.

4.2 Retenção Marginal

Na Retenção Marginal os trabalhos foram em tudo idênticos aos descritos para o esporão, com a exceção de que antes da colocação do TOT nos núcleos houve que proceder à colocação de tela geotêxtil.



Fotografia 12 – TOT sobre geotêxtil



Fotografia 13 – Camada de revestimento

Na zona da retenção mais próxima do enraizamento do esporão foi necessário proceder à escavação do terreno com recurso a *ripper* devido à existência de migmatitos decompostos que impediam a obtenção das cotas de fundação definidas em projecto.



Fotografia 14 – Escavação com *ripper*



Fotografia 15 – Vista da retenção e esporão

4.3 Aterro no Tardoz da Retenção Marginal

Depois de executado o núcleo em TOT da Retenção Marginal procedeu-se à colocação de tela geotêxtil e à execução do aterro de tardoz, por deposição de produtos de escavação e de dragagem.

Os dragados foram repulsados por uma linha acoplada a draga estacionária, que os descarregou para bacias de decantação dotadas de tubagens que devolviam ao rio a água bombeada.

A área a aterrar foi dividida em quatro bacias, tendo-se movimentado a extremidade da linha para a bacia seguinte logo que a anterior se apresentava preenchida. Uma escavadora de rastros procedeu, no final, à regularização do aterro para poder receber as camadas do pavimento.



Fotografia 16 – Colocação de geotêxtil e aterro



Fotografia 17 – Repulsão de dragados

O interesse da conclusão dos aterros de tardo da retenção marginal prendia-se também com a necessidade de disponibilizar uma área de generosas dimensões que pudesse funcionar como eira de pré-fabricação dos blocos e lajetas da Rampa de Varadouro, bem como das pré-lajes do Terraplano.

Por este motivo procedeu-se a um ensaibramento generalizado de toda a área de aterro, devidamente espalhado com moto-niveladora e compactado com cilindro de rolos uma espessura de 1,0m, seguido da colocação de uma camada de tout-venant com 0,2m de espessura.



Fotografia 18 – Espalhamento de saibro



Fotografia 19 – Compactação com cilindro

Uma vez concluída a camada de tout-venant, que permitiu o acesso de camiões à crista da retenção, procedeu-se à execução do bloco de coroamento, em betão simples, através de descarga directa.

O bloco de coroamento é composto por 16 módulos em betão simples, com cerca de 10,7m cada, e de 30 em 30m foram deixadas juntas de dilatação, preenchidas com esferovite. Na zona das pontes de acesso foram colocados negativos em PVC para passagem futura de tubos de abastecimento de água e cablagens eléctricas, cujo traçado se desenvolverá no tardo deste bloco.

Numa fase posterior a área do aterro de tardo permitirá a construção dos edifícios destinados ao apoio às actividades da marina e das respectivas áreas de circulação.



Fotografia 20 – Colocação de tout-venant



Fotografia 21 – Coroamento da retenção

4.4 Dragagem

A dragagem geral da Bacia de Estacionamento foi executada no período de Abril a Junho, prevendo-se executar a dragagem da envolvente do cais no mês de Setembro de 2011.

O aproveitamento de dragados para os aterros hidráulicos da empreitada, no tardoz da Retenção Marginal e no Terraplino, foi executado à custa de uma draga estacionária com 900CV de potência de motor, que bombeou os dragados a uma distância máxima de 250m. O rendimento desta draga, equipada com uma linha de repulsão de 300mm de diâmetro, suportada em flutuadores metálicos, foi de aproximadamente 1000m³/dia.

Para a descarga no Cabedelo recorreu-se a uma draga de sucção e arrasto com porão de 550m³ e tubagem de sucção de 400mm de diâmetro, que executou cerca de 2000m³/dia.



Fotografia 22 – Dragagem com estacionária



Fotografia 23 – Draga de sucção e arrasto

Para além da draga estacionária, recorreu-se a dois batelões de transporte de dragados para o vazadouro marítimo do Cabedelo, com capacidades de 250 e 450m³.

Os batelões foram carregados através de escavadoras hidráulicas com capacidades de 36, 45 e 74ton, posicionadas em duas plataformas flutuantes, que permitiram um rendimento diário de 1500 a 2000m³ por cada batelão.

No decurso das operações de dragagem foram também detectadas poitas de dimensões significativas que foram de imediato removidas.



Fotografias 24 e 25 – Carga de batelões com escavadoras apoiadas em plataformas flutuantes

4.5 Bacia de Estacionamento

O equipamento flutuante a colocar na Bacia de Estacionamento, que permitirá a atracação de trezentas embarcações de vela e a motor com comprimentos variáveis entre 6 e 20m, é constituído por quatro passadiços principais e respectivos *fingers*, pontes de acesso e acessórios.

Todos os módulos encontram-se nesta fase a serem produzidos na metalomecânica, para posterior transporte e aplicação em obra entre Julho e Setembro.

A estrutura dos passadiços/pontões e *fingers* é de alumínio, com secções variáveis em função do comprimento das embarcações que neles atracarão.

As estacas a cravar serão em aço de qualidade X70, terão 559mm de diâmetro e cota de coroamento à +7,50m (ZHC).



Figura 14 – Simulação tridimensional dos postos de atracação

Atendendo a que se verificou a presença de afloramentos rochosos na zona junto ao pé do talude da retenção Marginal, foi necessário projectar uma solução de fundação com recurso a sapatas de betão a adoptar nas estacas mais próximas desta zona.

Por prudência, entendeu-se também efectuar um ensaio com um equipamento de perfuração (*roc*), suportado numa plataforma flutuante, para avaliar a existência destes afloramentos na segunda fiada de estacas paralelas à retenção. Este ensaio permitiu concluir a inexistência de rocha à cota de fundação prevista para estas estacas de guiamento dos passadiços.



Fotografia 26 – Pontões na metalomecânica



Fotografia 27 – Ensaio com roc

4.6 Quebra-mar Flutuante

O Quebra-mar Flutuante encontra-se também a ser fabricado, para ser aplicado nos meses de Agosto e Setembro.



Figura 15 – Simulação tridimensional da marina com o Quebra-mar Flutuante

4.7 Terrapleno / Cais Vertical

A construção do terrapleno iniciou-se com a construção do aterro construtivo à cota +5,10m ZHC para a execução das estacas de betão. No mesmo período iniciou-se o fabrico de pré-lajes na eira, que serão posteriormente colocadas sobre as vigas e às quais ficará solidarizada a lâmina de 0,10m que remata a estrutura do pavimento.



Fotografia 28 – Execução de aterro



Fotografia 29 – Betonagem de pré-lajes

A execução de estacas foi precedida da execução de três furos prévios que permitiram aferir os reais as cotas reais do *bedrock*, comparativamente aos resultados da campanha geotécnica, e ajustar a encomenda das armaduras electro-soldadas.

A parte superior das armaduras (primeiros 12m) é constituída por 20 varões com 25mm de diâmetro, cintados por uma armadura helicoidal em varão de 12mm de diâmetro afastado a 0,10m, enquanto que na parte inferior se reduziu a secção de aço para 10 varões e o afastamento das cintas para 0,20m. Os empalmes foram executados com recurso a cerracabos metálicos.



Fotografia 30 – Furação para estacas



Fotografia 31 – Colocação de armaduras

Os trabalhos de execução de estacas foram iniciados nos alinhamentos de nascente e poente, de forma a permitir a execução da Rampa de Varadouro e do fecho da Retenção Marginal, respectivamente.

Após moldagem das estacas, o seu topo superior será demolido até à cota +4,30m (ZHC) de forma a recuperar as armaduras e permitir a execução da viga de coroamento de solidarização das estacas. A viga de coroamento terá 1,30m de altura e 1,20m de largura.

A sequência construtiva a adoptar após a demolição das cabeças das estacas será a que se descreve de seguida:

- a) Escavação e execução do prisma em TOT de apoio do muro em forma de L;
- b) Construção do muro em forma de L;
- c) Execução da viga de coroamento, da malha de vigas de ligação e do maciço para a grua de alagem;
- d) Escavação pelo interior da cortina com grua, seguida da colocação de tela geotêxtil e enrocamento de 10 a 20 kN;
- e) Dragagem pelo exterior da cortina de estacas frontal à cota -3,5m (ZHC) e colocação de enrocamento numa espessura de 0,50m para atenuar o efeito de escavação, pelo exterior, dos propulsores das embarcações;
- f) Colocação de pré-lajes;
- g) Colocação dos órgãos de drenagem do pavimento;
- h) Instalação de depósitos, tubagens e dispositivos para a bomba de abastecimento de combustíveis, sistema *pump-out* e sistema de separação de hidrocarbonetos;
- i) Instalação dos painéis pré-fabricados frontais;
- j) Execução da estrutura do pavimento, em saibro e tout-venant, no tardo do muro em L;
- k) Aplicação de betão na camada superficial do pavimento com 0,10m de espessura;
- l) Fixação de perfis HEB160 para guiamento do cais de recepção/abastecimento;
- m) Montagem dos passadiços flutuantes do cais de recepção/abastecimento, ponte de acesso e acessórios;
- n) Colocação de guias metálicas para o *travel-lift*;
- o) Marcação de áreas de reparação e estacionamento com pinturas no pavimento.

Depois de concluídas estas tarefas prevê-se que o Terrapleno se apresente conforme se observa na figura seguinte.



Figura 16 – Simulação tridimensional do Terrapleno com Cais Vertical

4.8 Rampa de Varadouro

Os trabalhos de construção da Rampa de Varadouro serão executados após construção do paramento de nascente do Terrapleno, encontrando-se em curso a pré-fabricação das lajetas e dos blocos laterais e de base.

Uma vez executada a Rampa de Varadouro proceder-se-á ao fecho da retenção em enrocamento, que confina com uma ribeira que desagua no limite de montante do empreendimento, fazendo a separação com o Porto de Pesca da Afurada.



Fotografia 31 – Cofragem das lajetas



Fotografia 32 – Betonagem dos blocos laterais

5. PRINCIPAIS QUANTIDADES

As principais quantidades da empreitada são as que se apresentam de seguida:

- TOT e enrocamentos seleccionados: 35.000 m³
- Agregados em camadas granulares: 6.000m³
- Dragagem: 196.000m³
- Betão C35/45 D20 XS3 S3: 2.353 m³
- Aço A500 NR em armaduras:148ton
- Estacas de betão com 900mm de diâmetro (265 unidades perfazendo um comprimento total de 3.773m):
 - Aço A500 NR em armaduras electro-soldadas: 202ton
 - Betão C35/45 D20 XS3 S4: 1.447m³
 - Betão em estacas não armadas (composição específica): 953m³

- Estacas de marina com 559mm de diâmetro: 41 unidades (738m)
- Estacas para quebra-mar com 660mm de diâmetro: 21 unidades (420m)
- Barreira flutuante: 19 módulos (252m)
- Passadiços flutuantes: 828m
- *Fingers*: 160 unidades

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar das obras hidráulicas da empreitada em apreço apenas terem previsão de conclusão para Outubro de 2011, procurou-se nesta comunicação caracterizar os métodos construtivos já adoptados na execução de algumas das mais importantes componentes da obra e apresentar, justificadamente, os melhoramentos de projecto que foram equacionados e desenvolvidos. Para as alterações de projecto que ainda não foram implementadas tentou-se descrever a sua natureza, as vantagens comparativas que potenciam, bem como definir a sequência construtiva que lhes estará associada.

O esforço de optimização do projecto inicial baseou-se na análise dos factores qualidade, prazo e custo, numa lógica de permanente ponderação de benefícios entre as fases de construção e de exploração.

O tipo de abordagem adoptada pela Concessionária foi devidamente escrutinada pela entidade Concedente, tendo por base premissas de desenvolvimento profícuo de soluções, num contexto de necessidade de adaptação do projecto da empreitada e, por consequência, do empreendimento aos diversos condicionamentos que sobre ela pendiam.